[14] WELLE F, FRANZ R. SiOx layer as functional barrier in polyethylene terephthalate (PET) bottles against potential contaminants from post-consumer recycled PET[J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2008, 25(6): 788-794.
[15] BEGLEY T, CASTLE L, FEIGENBAUM A, et al. Evaluation of migration models that might be used in support of regulations for food-contact plastics[J]. Food Addit Contam, 2005, 22(1): 73-90.
[16] HINRICHS K, PIRINGER O. Evaluation of migration models to used under directive 90/128/EEC[Z].2014.
[17] 21CFR 177.1630-Polyethylene phthalate polymers [EB/OL]. (2018-09-04)[2019-08-02]. https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm? fr = 177.1630&SearchTerm=177%2E1630.
[18] 21CFR 177.39-Threshold of regulation for substances used in food-contact articles [EB/OL]. (2018-09-04)[2019-08-02]. https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm? fr=170.39&SearchTerm=170%2E39.
[19] U.S. FDA. Recycled plastics in food packaging[EB/OL]. (2018-03-21)[2019-08-02]. https://www.fda.gov/food/packaging-food-contact-substances-fcs/recycled-plastics-food-packaging.
[20] KENNY C, BRUCE A, ELAINE F. The use of the benchmark dose approach in health risk assessment[R]. EPA, 1995.
[21] BfR. Verwendung von werkstofflich recycliertem kunststoff aus polyethylen-terephthalat (PET) für die herstellung von lebensmittelbedarfsgegenständen [S].2000.
[22] AFSSA. Opinion of the French Food Safety Agency (AFSSA) on the assessment of health risks associated with the use of materials made from recycled poly(ethylene terephthalate) intended for or placed in contact with foodstuffs and drinking wate [R]. AFSSA, 2006.
[23] European Food Safety Authority and World Health Organization. Review of the threshold of toxicological concern (TTC) approach and development of new TTC decision tree [J]. EFSA Supporting Publications, 2016: 1-50.
[24] European Union. Regulation EU 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food[Z]. EU, 2011.

综述

食品中展青霉素脱除方法研究进展

王岚[1],刘娜[1],余佃贞[1],赖文珊[1],武爱波[1,2]
(1.中国科学院大学,中国科学院上海生命科学研究院上海营养与健康研究所 中国科学院营养代谢与食品安全重点实验室,上海 200031; 2.国家食品安全风险评估中心 中国科学院上海生命科学研究院分中心,上海 200031)

摘　要:展青霉素由多种真菌产生,毒性极强,广泛存在于水果及其制品中,并通过食物链在人体富集,严重危害人类健康。本文综述了近年来物理、化学和生物方法去除和降解食品中展青霉素的研究进展,并对降解产物及其安全性进行了探讨。

关键词:食品安全;展青霉素;降解
中图分类号:R155　　**文献标识码:**R　　**文章编号:**1004-8456(2019)06-0597-05
DOI:10.13590/j.cjfh.2019.06.019

Advances on the clearance and detoxification of patulin in foods

WANG Lan[1], LIU Na[1], YU Dianzhen[1], LAI Wenshan[1], WU Aibo[1,2]
(1. Chinese Academy of Sciences Key Laboratory of Nutrition, Metabolism and Food Safety, Shanghai Institute of Nutrition and Health, Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200031, China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Shanghai Institutes for Biological Sciences Branch, Shanghai 200031, China)

收稿日期:2019-10-10
基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1600304);国家自然科学基金项目(31772087,31701721,31601575)
作者简介:王岚　女　博士生　研究方向为真菌毒素的降解和分子调控　E-mail: wanglan@sibs.ac.cn
通信作者:武爱波　男　研究员　研究方向为食品安全与真菌毒素　E-mail: abwu@sibs.ac.cn

Abstract: Patulin (PAT), a toxic metabolite produced by molds is frequently found in numerous fruits and their products. Patulin poses serious threats to health of human beings by the enrichment in the food chain. Herein, the latest progresses on removing and detoxifying techniques of patulin including physical, chemical and biological strategies have been reviewed. Moreover, the degradation products of patulin and their safety after detoxification are discussed.

Key words: Food safety; patulin; degradation

展青霉素(patulin,PAT)又称棒曲霉素,是一种广泛存在于食品和农产品中的真菌毒素,主要由青霉属(*Penicillium*)、拟青霉属(*Paecilomyces*)、曲霉属(*Aspergillus*)和丝衣霉属(*Byssochlamys*)的某些种在特定条件下产生[1]。展青霉素是一种水溶、耐热和毒性极强的聚酮类次级代谢物,易溶于乙醇、氯仿和丙酮等有机溶剂,不溶于石油醚,最大紫外吸收波长为 276 nm[2]。展青霉素可引起动物的多种毒性,包括细胞毒性、慢性毒性和急性毒性,对人构成许多健康风险,包括诱变、致畸和致癌作用等[1],因此,世界卫生组织(WHO)规定展青霉素在苹果汁和苹果酒中的最大允许量为 50 μg/L,苹果制品中的最大允许量为 25 ng/g,婴幼儿食品中的最大允许量为 10 ng/g[3]。此外,联合国粮农组织/WHO 食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)规定展青霉素的暂定每日最大耐受摄入量(provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI)值为 0.4 μg/kg BW[3]。

1 展青霉素污染现状

果蔬中存在的展青霉素主要由植物致病性真菌扩展青霉产生[4]。据文献报道,苹果受到扩展青霉侵染后逐渐腐烂并产生展青霉素,并在腐烂的苹果组织中大量积累,甚至会扩散到周围新鲜的组织中,因此基于苹果加工的产品中展青霉素污染仍较为严重。ZOUAOUI 等[5]对来自突尼斯的 214 份苹果汁样品进行展青霉素检测分析,结果发现 50% 的样品为阳性,展青霉素含量范围为 2~889 μg/L,平均含量为 89 μg/L,其中 22% 的样品展青霉素含量超过最高限量标准。JI 等[6]在我国随机抽取检测 137 份苹果中展青霉素的含量,结果发现 42 份样品中有展青霉素污染,含量范围为 10~276.9 μg/kg。据报道[7-8],超过 20% 的欧盟食品中展青霉素检测结果为阳性,但含量大多低于安全限量值。然而,有些国家的产品中展青霉素的检出值很高,例如日本果汁中的展青霉素含量为 464 μg/L,巴基斯坦苹果中展青霉素含量为 270 μg/kg,捷克的苹果、梨和混合果汁中展青霉素的平均含量分别为 122、231 和 56 μg/L[2,9]。综上所述,国内外苹果及其制品中的展青霉素污染普遍存在,且大多产品中展青霉素含量超出最大允许量(50 μg/L)。

2 展青霉素控制和脱毒方法

展青霉素污染食品和农产品严重降低了产品质量,给农产品生产商和供应商造成了重大的经济损失。更为重要的是,长期食用被展青霉素污染的农产品和食品,对人体健康构成严重威胁,因此,寻找降解或去除食品中展青霉素的理想方法势在必行。

在果实生产、运输和贮藏过程中,预防产展青霉素致病菌株(如扩展青霉等)对果蔬的侵染,是从源头上控制展青霉素产生的根本途径。采前措施、采后处理和贮藏条件对控制产展青霉素真菌生长和展青霉素污染十分重要[10]。例如施用磷肥和钙肥、改善果实细胞结构、降低对果实腐烂的敏感性、清理和选拣烂果、采摘充分成熟的果实、避免对果实造成机械损伤、保持贮藏库卫生清洁、降低库温和氧气含量水平、采用气调贮藏方式等均可一定程度上控制或减缓苹果上扩展青霉生长和展青霉素产生。同时,苹果等果品在运输、贮藏过程中极易遭到损伤,受到病原微生物侵染,产生展青霉素。目前常用物理、化学和生物三种方法对食品中的展青霉素进行降解或去除[11]。

2.1 展青霉素的物理脱毒

物理方法主要分为物理防控和物理脱毒,物理防控是通过人工采选和冷藏等方法,减少腐烂果实,从而有效减少苹果制品中展青霉素的含量。而物理脱毒则是通过巴氏消毒、高压水冲洗、紫外辐射以及澄清、过滤和吸附等操作,减少产品中展青霉素含量。

2.1.1 加工阶段的预处理

据文献[12]报道,苹果加工为苹果汁的工艺中,展青霉素含量不断减少,加工处理前果品中展青霉素含量为 255~653 μg/kg,经过巴氏灭菌、酶处理和过滤蒸发后,展青霉素含量为 56~231 μg/L,总损失达 75.2%。均质、制浆、巴氏杀菌和无菌包装均可明显降低苹果果泥中展青霉素的含量[10],因此,通过加工工艺去除果汁中展青霉素是果汁加工企业的首选方式。然而,在食品加工过程中很难完全去除展青霉素。

2.1.2 澄清和吸附

澄清是利用吸附剂去除果汁中杂质的重要环节,目前大部分果汁加工企业应用澄清技术去除果汁中展青霉素的含量。活性炭、大孔树脂和硅胶是去除果汁中展青霉素的常见吸附剂[13]。

近年来,研究人员开发了许多吸附性能较高的新型吸附剂。LIU 等[14]发现硫脲改性壳聚糖树脂具有吸附展青霉素的能力,并且在 pH 值为 4、温度为 25 ℃条件下,经过 24 h 能够吸附 1.0 mg/g 的展青霉素。2016 年,LUO 等[15]开发了一种优越性能的磁性壳聚糖作为吸附剂,用 Triton X-100 作为乳化剂,通过四氧化三铁粒子和壳聚糖以 1∶1比例聚合而成,这类吸附剂对展青霉素的最高吸附浓度为 200 μg/L,在该浓度下吸附率约 89%。

从方法的成熟度、有效性、成本和可操作性看,活性炭或大孔树脂澄清法是目前较好的脱除方法。果汁的澄清和吸附过程能够有效减少果汁中展青霉素含量,但同时也会减少食品中的酚类物质,影响果汁色泽。此外,澄清剂不能破坏展青霉素,而是将展青霉素停留在吸附剂或沉淀剂中,直接丢弃到环境中可能造成污染。

2.1.3 紫外线辐射

自 20 世纪 80 年代以来,人们一直在研究紫外线对霉菌毒素的解毒作用。由于其解毒效果好、成本低、操作简便等优点,近年来仍是研究热点。DIAO 等[16]利用紫外线(254 nm,3.8 mW/cm^2)对展青霉素含量为 99.42 μg/L 的苹果汁进行辐射,5 min毒素降解率可达 82.92%,同时认为食品中的某些成分能够影响紫外线对展青霉素的降解效果,如鞣酸能够抑制紫外线对展青霉素的降解效果,而果糖能够促进降解速率。果汁中的色素团也是影响展青霉素光降解的重要因素[17]。此外,较低的 pH 值能够抑制紫外线辐射对展青霉素的降解效果[18]。利用 253.7 nm 的短波灭菌紫外线(辐照强度 3.00 mW/cm^2)对模式苹果汁(柠檬酸缓冲液 pH 值为 3.4)、苹果酒、不添加抗坏血酸苹果汁和添加抗坏血酸苹果汁照射 40 min(深度均为 2 mm),展青霉素(起始浓度 1 mg/L)分别减少 56.5%、87.5%、94.8%和 98.6%[19]。

紫外线辐射能够破坏食品中的营养成分和功能成分,其解毒效果受到食品中 pH 值、有机酸、酚类化合物、氨基酸和乙醇的干扰。紫外线降解展青霉素的产物明显降低诱导人外周血细胞毒性,使 HepG2 细胞存活率明显提高[16]。

2.1.4 其他物理方法

近几年超声波、微波和脉冲光也被用来降解展青霉素,但是这些方法对果汁中的花青素、酚类物质和挥发性化合物有明显的破坏作用[20]。有研究[21]表明,高压水冲洗能够降解果汁中的展青霉素,但降解的程度取决于施加的压力和处理时间,而果汁中巯基含量有利于高压水冲洗对展青霉素的降解。高压水冲洗能够降低处理果汁的抗氧化活性和抗坏血酸的含量,最佳处理参数还没有确定,可能取决于食品的性质。

2.2 展青霉素的化学脱毒

化学脱毒一般是通过在食品中添加化学物质对展青霉素脱毒或者通过化学反应对其清除,是目前较易在食品工业中应用的一种解毒方式。化学解毒法常用的化学物质包括二氧化硫、抗坏血酸、酸性或碱性高锰酸钾、苯甲酸钠、山梨酸钾、臭氧、盐酸硫胺素和 *D*-泛酸钙[22-23]。近几年,臭氧因其安全性高、成本低、无污染和操作简便等优点而成为食品中展青霉素解毒的研究热点[24]。在臭氧浓度较高或臭氧化时间足够长的条件下,通过攻击其化学结构中的两个共轭乙炔双键,可以完全将展青霉素降解为二氧化碳、草酸、二甘醇酸和水,但目前其安全性尚未得到评估。同时臭氧解毒技术与紫外线辐射技术存在着同样的缺陷,对果汁中酚类化合物、有机酸、抗坏血酸等造成不良影响。由于化学脱毒的降解机理及安全性尚未明确,多停留在实验室阶段,工业生产中尚未见广泛的实际应用。

2.3 展青霉素的生物脱毒

生物学方法是指利用活性或失活微生物或酶来降低食品中展青霉素。生物方法具有安全性和有效性等优势,有重要的应用价值。此方法包括降解(将毒素代谢降解成低毒或无毒产物)和吸附(微生物等将毒素吸附后沉淀)两种过程。

2.3.1 微生物脱毒

活性和失活菌株常被用于吸附或降低食品中展青霉素的含量,代表性菌株包括氧化葡萄糖杆菌、双歧杆菌、鼠李糖乳杆菌、植物乳杆菌和多种酵母菌[25-26]。GUO 等[26]发现活性酵母和失活酵母对展青霉素的去除效果没有明显差别,因此认为展青霉素的去除是酵母细胞壁的吸附结果,推断多糖和蛋白质是酵母细胞壁中参与脱毒的重要成分。此外,疏水相互作用在结合过程中可能起着重要作用。然而 ZHU 等[27]发现活性海洋红酵母能够更有效的去除展青霉素,试验表明,这种降解是由展青霉素诱导合成的酶在起作用。DONG 等[28]筛选了一株具有较强降解展青霉素能力的海洋酵母(*K. ohmeri* HYJM34)。当 pH 值范围为 3~6 时,35 ℃孵育,此酵母菌株降解展青霉素的最高浓度可达

100 μg/ml。从窖泥发酵液中分离得到的丝衣霉菌 FF1-2,在含 500 μg/ml 展青霉素的传统培养基中,37 ℃ 培养 5 d,能够完全去除培养基中的展青霉素[29]。

ZHENG 等[30]的试验中,利用卡利比克毕赤酵母降解展青霉素,其展青霉素的降解产物为(E)-雌二醇和(Z)-雌二醇。而该酵母细胞内酶降解的产物中只检测到(E)-雌二醇。而 *R.paludigenum* 酵母能在由展青霉素诱导的酶的作用下降解展青霉素产生一种脱氧酸[27]。据文献[27,31]报道,(E)-雌二醇和(Z)-雌二醇对来自肠道、肾脏、肝脏和免疫系统的人类细胞系没有毒性迹象,高浓度的脱氧酸对拟南芥和人源干细胞毒性很小,对大肠埃希菌无毒。

2.3.2 酶脱毒

酶也是展青霉素重要的生物解毒剂。其中,脂肪酶(三酰基甘油酯水解酶)在微生物、植物和动物组织中均有发现。而猪胰脂肪酶是目前应用最广泛的脂肪酶之一,它能够催化酯化和水解等多种反应,且价格便宜。在 LIU 等[32]的试验中,以猪胰脂肪酶为催化剂,研究其对展青霉素的降解功能,其降解展青霉素的最佳条件为 pH 值=7.5,40 ℃反应 48 h,降解率可达 90%。此外,TANG 等[33]研究了从粘质红酵母中分离出的乳清酸磷酸核糖转移酶对苹果汁中展青霉素的降解作用,结果表明,添加 0.15 g/L 乳清酸磷酸核糖转移酶,在 25 ℃ 反应 18 h,可以降解 1 mg/L 的展青霉素,降解后测定了苹果汁中有机酸、氨基酸、抗坏血酸、可溶性固形物、总酚等营养成分的变化,除香气成分和抗坏血酸外,其他均无明显变化,最终降解效果在 80% 以上(1 mg/L)。

目前,生物学方法在实验室规模上得到了广泛的研究,但是在实际应用中尚不成熟,因此,利用生物制剂替代化学添加剂被认为是一种潜在方法。

3 小结

自从发现展青霉素危害后,科研工作者致力于探寻从食物中去除或降解展青霉素的理想方法,目前虽然方法繁多,但各有优缺点,每一种方法都无法从根源上消除展青霉素,几种方法并用使展青霉素含量在生产的产品中低于最高限量标准(50 μg/ml)是食品加工者努力探究的方向。未来研究重点预期集中在:(1)发现既能够高效安全降解展青霉素,又能够在实际食品加工应用中实现低成本、不改变现有食品风味和工艺的生物控制剂;(2)研究发现生物防控剂的防治机制,为基因工程改造菌种或工业化生产酶制剂提供有效的理论基础,实现绿色、高效与安全的生物防治。

参考文献

[1] PUEL O, GALTIER P, OSWALD I P. Biosynthesis and toxicological effects of patulin[J]. Toxins, 2010, 2(4): 613-631.

[2] IQBAL S Z, MALIK S, ASI M R, et al. Natural occurrence of patulin in different fruits, juices and smoothies and evaluation of dietary intake in Punjab, Pakistan[J]. Food Control, 2018, 84: 370-374.

[3] WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives[R]. World Health Organization Technical Report, 2016, 868(599): 1-39.

[4] BURON-MOLES G, LOPEZ-PEREZ M, GONZALEZ-CANDELAS L, et al. Use of GFP-tagged strains of penicillium digitatum and penicillium expansum to study host-pathogen interactions in oranges and apples[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 160(2): 162-170.

[5] ZOUAOUI N, SBAII N, BACHA H, et al. Occurrence of patulin in various fruit juice marketed in Tunisia[J]. Food Control, 2015, 51(51): 356-360.

[6] JI X F, LI R, YANG H, et al. Occurrence of patulin in various fruit products and dietary exposure assessment for consumers in China[J]. Food Control, 2017, 78(2): 100-107.

[7] ASSUNCAO R, MARTINS C, DUPONT D, et al. Patulin and ochratoxin A co-occurrence and their bioaccessibility in processed cereal-based foods: a contribution for portuguese children risk assessment[J]. Food & Chemical Toxicology, 2016, 96(8): 205-214.

[8] TOROVIC L. Fusarium toxins in corn food products: a survey of the Serbian retail market[J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2017, 35(8): 1596-1609.

[9] LI X J, LI H M, MA W, et al. Determination of patulin in apple juice by single-drop liquid-liquid-liquid microextraction coupled with liquid chromatography-mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2018, 257(2): 1-6.

[10] JANOTOVA L, CIZKOVA H, PIVONKA J, et al. Effect of processing of apple puree on patulin content[J]. Food Control, 2011, 22(6): 977-981.

[11] IOI J D, ZHOU T, TSAO R, et al. Mitigation of patulin in fresh and processed foods and beverages[J]. Toxins, 2017, 9(5): 157.

[12] WELKE J E, HOELTZ M, DOTTORI H A, et al. Effect of processing stages of apple juice concentrate on patulin levels[J]. Food Control, 2009, 20(1): 48-52.

[13] WANG J, LEI H J, YUE Z Z, et al. Adsorption characteristics of patulin in jujube juice using macroporous resin[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(23): 285-291.

[14] LIU B J, PENG X N, CHEN W, et al. Adsorptive removal of patulin from aqueous solution using thiourea modified chitosan resin[J]. International Journal of Biological Macromolecules,

2015, 80(7): 520-528.

[15] LUO Y, LI Z, YUAN Y H, et al. Bioadsorption of patulin from kiwi fruit juice onto a superior magnetic chitosan[J]. Journal of Alloys & Compounds, 2016, 667(1): 101-108.

[16] DIAO E J, CHU X, HOU H X, et al. Improving the safety of apple juice by UV irradiation[J]. Journal of Food Measurement & Characterization, 2018, 12(3): 2005-2011.

[17] CHANDRA S, PATRAS A, POKHAREL B, et al. Patulin degradation and cytotoxicity evaluation of UV irradiated apple juice using human peripheral blood mononuclear cells [J]. Journal of Food Process Engineering, 2017, 40(6):12586.

[18] IBARZ R, GARVIN A, IBARZ A. Kinetic and thermodynamic study of the photochemical degradation of patulin [J]. Food Research International, 2017, 99: 348-354.

[19] ZHU Y, KOUTCHMA T, WARRINER K, et al. Kinetics of patulin degradation in model solution, apple cider and apple juice by ultraviolet radiation [J]. Food Science & Technology International, 2013, 19(4): 291-303.

[20] FUNES G J, GOMEZ P L, RESNIK S L, et al. Application of pulsed light to patulin reduction in McIlvaine buffer and apple products[J]. Food Control, 2013, 30(2): 405-410.

[21] HAO H Y, ZHOU T, KOUTCHMA T, et al. High hydrostatic pressure assisted degradation of patulin in fruit and vegetable juice blends[J]. Food Control, 2016, 62(10): 237-242.

[22] KOKKINIDOU S, FLOROS J D, LABORDE L F. Kinetics of the thermal degradation of patulin in the presence of ascorbic acid [J]. Journal of Food Science, 2014, 79(1): 108-114.

[23] YAZICI S, VELIOGLU Y S. Effect of thiamine hydrochloride, pyridoxine hydrochloride and calcium-d-pantothenate on the patulin content of apple juice concentrate[J]. Nahrung Food, 2015, 46(4): 256-257.

[24] MILLER F A, SILVA C L M, BRANDAO T R S. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation[J]. Food Engineering Reviews, 2013, 5(2): 77-106.

[25] ZHENG X F, YANG Q Y, ZHANG H Y, et al. The possible mechanisms involved in degradation of patulin by *Pichia caribbica* [J]. Toxins, 2016, 8(10): 289.

[26] GUO C X, YUE T L, YUAN Y H, et al. Biosorption of patulin from apple juice by caustic treated waste cider yeast biomass[J]. Food Control, 2013, 32(1): 99-104.

[27] ZHU R Y, FEUSSNER K, WU T, et al. Detoxification of mycotoxin patulin by the yeast *Rhodosporidium paludigenum*[J]. Food Chemistry, 2015, 179(1): 1-5.

[28] DONG X Y, JIANG W, LI C S, et al. Patulin biodegradation by marine yeast *Kodameae ohmeri* [J]. Food Additives & Contaminants Part A Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment, 2015, 32(3): 352-360.

[29] ZHANG X R, GUO Y R, MA Y, et al. Biodegradation of patulin by a *Byssochlamys nivea* strain[J]. Food Control, 2016, 64(12): 142-150.

[30] ZHENG X F, LI Y L, ZHANG H Y, et al. Identification and toxicological analysis of products of patulin degradation by *Pichia caribbica*[J]. Biological Control, 2018, 123(4): 127-136.

[31] TANNOUS J, SNINI S P, EL KHOURY R, et al. Patulin transformation products and last intermediates in its biosynthetic pathway, E- and Z-ascladiol, are not toxic to human cells[J]. Archives of Toxicology, 2016, 91(6): 2455-2467.

[32] LIU B J, PENG X N, MENG X H. Effective biodegradation of mycotoxin patulin by porcine pancreatic lipase[J]. Frontiers in Microbiology, 2018, 9: 615.

[33] TANG H, LI X H, ZHANG F, et al. Biodegradation of the mycotoxin patulin in apple juice by orotate phosphoribosyltransferase from *Rhodotorula mucilaginosa* [J]. Food Control, 2019, 100: 158-164.

《中国食物与营养》2020 年征稿征订启事

中国科技核心期刊　在线投稿系统:http://foodandn.caas.cn

《中国食物与营养》创办于 1995 年,由农业部主管,中国农业科学院、国家食物与营养咨询委员会主办的食物与营养领域相结合的综合性月刊,国内外公开发行。2019 年中国知网公布的复合影响因子为 1.127。

办刊宗旨:立足于农业、食物、营养领域的结合,报道国家在食物与营养相关领域的方针、政策、法规、标准等;刊登食物生产、食物消费、食品工业、食物营养、公共营养、临床营养等方面的发展动态和科技成果等。

本刊主要栏目有:专题论坛、食物安全、食物生产、食品工业、消费与流通、营养与健康、营养与疾病、膳食营养调查等。

《中国食物与营养》杂志由北京报刊发行局发行,邮发代号为 82-597。本刊为月刊,每期定价 20 元,全年 240 元。也可直接汇款到编辑部订阅。

地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号《中国食物与营养》编辑部

电话:(010)82105306　传真:(010)82105184　邮编:100081　E-mail:sfnccli@163.com